

**STUDI ANALISA KERJA RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI  
GARDU INDUK WONOSARI – GARDU INDUK SOLO BARU 150 kV**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik  
Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**AJI DANANG SURYADIPRAJA**

**D400140080**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI ANALISA KERJA RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI  
GARDU INDUK WONOSARI – GARDU INDUK SOLO BARU 150 kV**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**AJI DANANG SURYADIPRAJA**

**D400140080**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar, S.T. M.T

**NIK.731**

## HALAMAN PENGESAHAN

# STUDI ANALISA KERJA RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI GARDU INDUK WONOSARI – GARDU INDUK SOLO BARU 150 kV

OLEH

AJI DANANG SURYADIPRAJA

D400140080

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Rabu, 31 Januari 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

2. Ir. Jatmiko, M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

3. Hasyim Asy'ari, S.T., M.T

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)

 Dekan,

  
Ir. Sri Sumariono, M.T., Ph. D, IPM  
NIP. 681

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada tidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Januari 2018

Penulis



**AJI DANANG SURYADIPRAJA**

**D400140080**

# STUDI ANALISA KERJA RELE JARAK PADA SALURAN TRANSMISI GARDU INDUK WONOSARI – GARDU INDUK SOLO BARU 150 kV

## Abstrak

Saluran transmisi merupakan sebuah bagian dari sistem penyaluran tenaga listrik dari pembangkit kepada konsumen maupun antar sistem tenaga listrik. Proteksi pada saluran transmisi sangatlah penting karena untuk menjaga keandalan dalam menyalurkan tenaga listrik, oleh karena itu di tiap gardu induk mempunyai berbagai macam sistem proteksi. Jarak dalam saluran transmisi terkadang menjadi masalah karena seringnya terjadi gangguan dan untuk menemukan titik lokasi gangguan terkadang membutuhkan waktu yang lama. Rele jarak merupakan salah satu sistem proteksi pada sistem saluran transmisi di gardu induk. Rele jarak bekerja dengan cara membaca impedansi pada saluran transmisi yang di amankannya dan membandingkannya dengan *setting* rele. Daerah kerja rele jarak dibagi menjadi tiga zona yaitu zona satu, zona dua, dan zona tiga. Penggunaan rele jarak sebagai salah satu sistem proteksi diharapkan dapat menjaga keandalan keandalan dalam menyalurkan tenaga listrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai *setting* rele jarak pada Gardu Induk Wonosari 150 kV. Metode yang penulis gunakan yaitu mempelajari studi literatur yang ada, pengumpulan data pada gardu induk Wonosari, menganalisis data yang ada dan melakukan perhitungan *setting* rele. Hasil dari perhitungan penelitian ini pada zona satu di dapatkan nilai *setting* 0.26  $\Omega$  dan waktu untuk aktif 0 detik, zona dua 0.81  $\Omega$  dengan waktu aktif 0.4 detik dan zona tiga 1.2  $\Omega$  dengan waktu aktif 1.2 detik.

**Kata Kunci:** saluran transmisi, sistem proteksi, rele jarak

## Abstract

The transmission line is a part of the power distribution system from power plants to consumers as well as between power systems. Protection on the transmission line is very important because to maintain reliability in distributing electric power, therefore in each substation has a variety of protection systems. The distance in the transmission line is sometimes a problem because of frequent interruptions and to find the point where the disturbance sometimes takes a long time. Distance relay is one of the protection system on transmission line system in substation. The distance relay works by reading the impedance on the secured transmission line and comparing it with the relay settings. The working area of distance releases is divided into three zones there is zone one, zone two, and zone three. The use of distance relay as one of protection system is expected to maintain reliability in distributing electric power. The purpose of this research is to know the value of distance relay setting on Wonosari 150 kV Substation. The method used by the writer is studying existing literature study, collecting data on Wonosari substation, analyzing existing data and perform setting relation calculation. The results of this research calculation on zone one in get setting value 0.26  $\Omega$  and time to active 0 second, zone two 0.81  $\Omega$  with active time 0.4 second and zone three 1.2  $\Omega$  with active time 1.2 second.

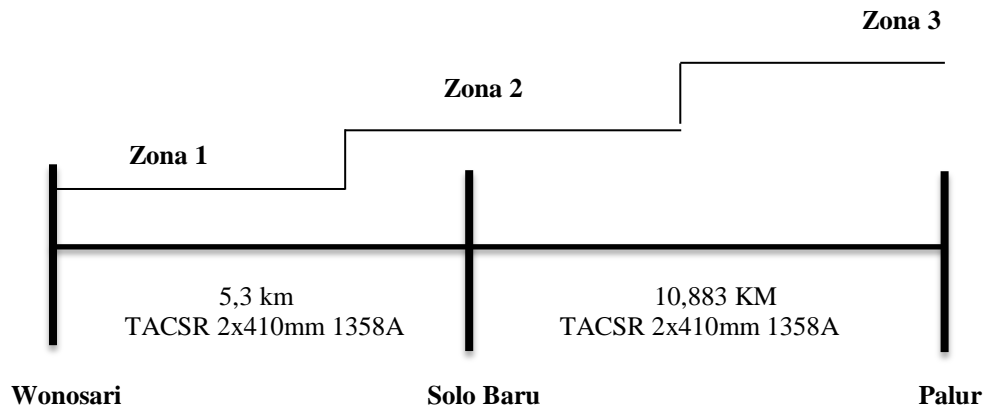
**Keywords:** transmission line, protection system, distance relay

## 1. PENDAHULUAN

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan suatu sistem penyaluran tenaga listrik dari sumber pembangkit kepada konsumen ataupun kepada tenaga listrik antar sistem. Sistem transmisi tenaga listrik dapat dianggap sebagai jenis jaringan khusus, Biasanya terdiri dari jalur transmisi dan peralatan transmisi yang panjang dan tinggi yang menghubungkan stasiun pembangkit dengan pusat beban jauh yang mungkin berada di ujung atau di titik tengah pada jalur tegangan tinggi (R. D. Evans, 1924). Oleh karena itu dalam menyalurkan tenaga listrik PT. PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai penyedia pelayanan tenaga listrik harus mampu menjaga keandalan dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik kepada konsumen.

Gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem transmisi pada penyaluran tenaga listrik. Gardu induk sendiri berfungsi untuk mentransformasikan daya, pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik. Perlindungan pada gardu induk adalah salah satu hal terpenting dalam sistem transmisi tenaga listrik. Cuaca buruk, gangguan alam dan kontaminasi lainnya tidak menghasilkan tegangan lebih tetapi mampu menurunkan tegangan *flashover* dan mempengaruhi pengoperasian peralatan (John Tarilanyo Afa, 2013). Pengamanan pada gardu induk sangat krusial sebab merupakan bagian penting dari berjalannya suatu sistem penyaluran tenaga listrik, oleh karena itu sistem proteksi pada gardu induk sangat lengkap. Persyaratan sebuah sistem proteksi pada sistem tenaga listrik harus mempertimbangkan keandalan, kecepatan, selektivitas, kepekaan dan ekonomis (Short, 2004).

Rele jarak merupakan salah satu bagian dari sistem proteksi yang di gunakan pada gardu induk untuk melindungi penghantar sistem transmisi tenaga listrik. Rele jarak telah digunakan selama bertahun-tahun sebagai perlindungan yang paling umum pada sistem tenaga listrik (A.P. Vaidya & Prasad A. Venikar, 2012). Rele jarak bekerja dengan membaca impedansi pada saluran yang di amankan. Impedansi saluran yang harus diamankan oleh rele didapatkan dengan cara pengukuran arus dan tegangan agar mendapatkan impedansi saluran transmisi yang akan diamankan. Apabila impedansi yang di dapatkan dari pengukuran tersebut masih dalam zona pengaturannya maka rele akan aktif. Impedansi pada saluran transmisi nilainya sama atau sebanding dengan panjang saluran. Rele jarak tidak tergantung pada nilai arus gangguan yang terjadi, akan tetapi pada jarak gangguan yang terjadi pada rele proteksi. Wilayah cakupan kerja rele jarak dibagi beberapa zona, yaitu zona 1, zona 2, dan zona 3.



Gambar 1. Zona Pengamanan Relé jarak

Relé jarak mengukur tegangan pada titik relé dan arus gangguan yang terlihat dari relé, dengan membagi besaran tegangan dan arus, maka impedansi sampai titik terjadinya gangguan dapat ditentukan (David Dhio Fakhrian, 2017). Rumus yang digunakan untuk menghitung impedansi adalah sebagai berikut

$$Z_f = \frac{V_f}{I_f} \quad (1)$$

Ketentuan dari rumus diatas :

$Z_f$  = Impedansi gangguan (ohm)

$V_f$  = Tegangan gangguan (Volt)

$I_f$  = Arus gangguan (Ampere)

Relé jarak akan bekerja apabila nilai impedansi gangguan tidak lebih dari nilai impedansi yang ada pada *setting* relé jarak dan apabila nilai impedansi gangguan lebih besar dari nilai *setting*-nya relé tidak akan bekerja.

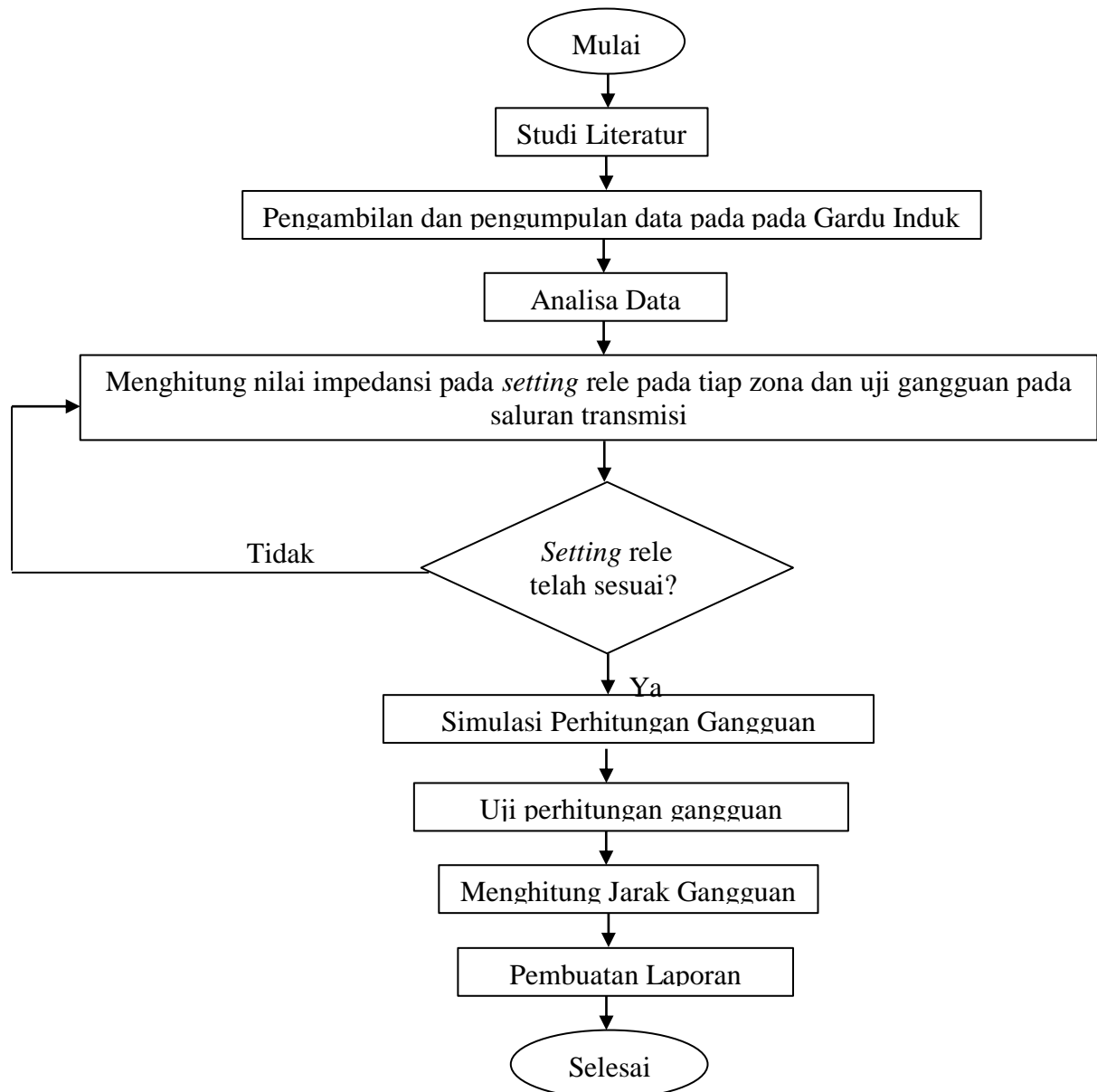
Sistem transmisi saluran udara tegangan tinggi 150 kV GI Wonosari – GI Solo Baru yang jaraknya cukup dekat tidak membuat sistem pengamannya disepelekan. Nilai *setting* relé jarak harus benar-benar diperhitungkan dengan matang untuk memastikan bahwa jaringan transmisi Wonosari – Solo Baru sudah terlindungi dengan baik.

## 2. METODE

Relé jarak merupakan sistem proteksi keamanan utama pada gardu induk dalam menjaga keandalan sistem transmisi menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen, oleh karena itu kerja relé jarak harus tepat dan akurat. Penelitian ini akan dilakukan perhitungan nilai impedansi jangkauan dan uji coba perhitungan ketika terjadinya gangguan pada saluran transmisi.

Prosedur yang penulis lakukan dalam mengerjakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur, penulis mencari jurnal ilmiah dan buku-buku yang berkaitan dengan penelitian ini agar bisa dijadikan sebagai acuan dalam melakukan penelitian.
2. Pengumpulan data, data untuk analisa penelitian ini penulis dapatkan dari Gardu Induk Wonosari 150 kV yang berupa *single line diagram* GI Wonosari – GI Solo Baru, rasio CT dan PT penghantar GI Wonosari serta Panjang Saluran GI Wonosari – Solo Baru.
3. Analisa data, memastikan apakah data yang dikumpulkan telah sesuai atau belum. Perhitungan, melakukan perhitungan *setting* rele pada zona 1, zona 2, dan zona 3 serta melakukan uji coba perhitungan gangguan yang terjadi.
4. Kesimpulan, hal-hal yang diperoleh dari penelitian ini.



Gambar 2. Alur Penelitian



### 3. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

Data yang penulis gunakan dalam penelitian ini penulis dapatkan dari Gardu Induk Wonosari 150 kV, berikut adalah data yang penulis dapatkan:

1. Data rasio *Current Transformator* (CT) dan *Potential Transformator* (PT) pada penghantar.

Rasio CT: 1200 :1

Rasio PT: 150000 : 100

2. Data Rele jarak yang digunakan pada saluran transmisi gardu induk Wonosari

Tabel 1. Data Rele Jarak

Item	Uraian	Satuan
<b>Merek</b>	ABB RE D670	-
<b>Tipe</b>	V 1.0	-
<b>Arus Nominal</b>	1	A
<b>Tegangan Nominal</b>	100	V
<b>Frekuensi</b>	50	Hz
<b>Tegangan DC</b>	110/125	Vdc

3. Data kabel penghantar pada saluran transmisi GI Wonosari – GI Solo Baru dan GI Solo Baru – GI Palur.

Tabel 2. data penghantar GI Wonosari – GI Solo Baru

Item	Uraian	Satuan
<b>Tipe Konduktor</b>	TACSR	-
<b>Diameter</b>	28.50	mm
<b>Luas Penampang</b>	410	mm <sup>2</sup>
<b>Impedansi</b>	0,0633 + j 0,2581	Ω/km
<b>Kapasitas Arus</b>	1358	A
<b>Panjang Penghantar</b>	5.3	km

Tabel 3. data penghantar GI Solo Baru – GI Palur

Item	Uraian	Satuan
<b>Tipe Konduktor</b>	TACSR	-
<b>Diameter</b>	28.50	mm
<b>Luas Penampang</b>	410	mm <sup>2</sup>
<b>Impedansi</b>	0.0633 + j 0.2581	Ω/km
<b>Kapasitas Arus</b>	1358	A
<b>Panjang Penghantar</b>	10.883	km

4. Data urutan impedansi pada saluran transmisi.

Tabel 4. Data Impedansi Urutan Positif, Negatif dan Nol

Urutan Impedansi	
<b>Urutan Positif</b>	0.167+j1.306
<b>Urutan Negatif</b>	1.056+j2.880
<b>Urutan Nol</b>	0.736+j3.797

### 3.1 Perhitungan Impedansi Pada Saluran

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan nilai impedansi saluran yaitu:

$$Z_L = \text{panjang saluran} \times Z_{\text{saluran}}/\text{km} \quad (2)$$

Saluran GI Wonosari – GI Solo Baru mempunyai nilai impedansi sebagai berikut

$$\begin{aligned} Z_{L1} &= 5.3 \times (0.0633 + j0.2581) \\ &= 0.3354 + j1.3679 \Omega \end{aligned}$$

Saluran GI Solo Baru – GI Palur mempunyai nilai impedansi sebagai berikut

$$\begin{aligned} Z_{L2} &= 10.883 \times (0.0633 + j0.2581) \\ &= 0.6888 + j2.8089 \Omega \end{aligned}$$

### 3.2 Perhitungan Pengaturan Rele Jarak

#### a. Pengaturan pada zona 1

Daerah kerja pada zona 1 ini mencakup 80% dari panjang saluran yang di amankan.

$$Z_1 = 0.8 \times Z_{L1} \quad (3)$$

$Z_{L1}$  merupakan impedansi yang ada pada saluran yang diamankan zona 1

$$\begin{aligned} Z_1 &= 0.8 \times (0.3354 + j1.3679) \\ &= 0.2683 + j1.0943 \Omega \end{aligned}$$

Dengan jarak yang dapat di jangkau oleh rele:

$$0.8 \times 5.3 = 4.24 \text{ km}$$

Waktu kerja pada rele zona 1 instan dikarenakan merupakan pengaman utama saluran transmisi  $T_1 = 0$  detik

#### b. Pengaturan pada zona 2

Daerah kerja zona 2 mencakup daerah yang tak terlindungi oleh zona 1 sampai ke penghantar seksi berikutnya.

$$Z_2 = 0.8 \times (Z_{L1} + (0.8 \times Z_{L2})) \quad (4)$$

$Z_{L1}$  merupakan impedansi yang ada pada saluran yang diamankan zona 1

$Z_{L2}$  merupakan impedansi yang ada pada saluran yang diamankan zona 2

$$\begin{aligned} Z_2 &= 0.8 \times (0.3354 + j1.3679) + (0.8 \times (0.6888 + j2.8089)) \\ &= 0.8193 + j3.3414 \Omega \end{aligned}$$

Jarak jangkau pada rele:

$$0.8 \times (5.3 + (0.8 \times 10.883)) = 4.24 + 8.71 = 12.95 \text{ km}$$

Dikarenakan rele pada zona 2 berfungsi sebagai *back up* pada zona 1 sehingga membuat waktu kerjanya sedikit lama dari zona 1.  $T_2 = 0.4$  detik

c. Pengaturan pada zona 3

Daerah kerja pada zona 3 yaitu sisa dari penghantar yang tidak terlindungi oleh zona 2 sampai akhir seksi berikutnya.

$$Z_3 = 1.2 \times (Z_{L1} + Z_{L2}) \quad (5)$$

$Z_{L1}$  merupakan impedansi yang ada pada saluran yang diamankan zona 1

$Z_{L2}$  merupakan impedansi yang ada pada saluran yang diamankan zona 2

$$\begin{aligned} Z_3 &= 1.2 \times ((0.03354 + j1.3679) + (0.6888 + j2.8089)) \\ &= 1.2289 + j5.012 \Omega \end{aligned}$$

Jarak jangkauan pada rele:

$$1.2 \times (5.3 + 10.883) = 19.42 \text{ km}$$

Waktu kerja rele pada zona 3 lebih lama dibandingkan dengan zona 1 dan 2.  $T_2 = 1.2$  detik.

### 3.3 Impedansi Yang Dilihat Oleh Rele

Impedansi yang dapat dilihat oleh rele jarak jauh hanya dalam skala kecil yang telah dirasioakan oleh CT dan PT.

$$Z_{Rele} = \frac{PT}{CT} \times Z_{Zona} \quad (6)$$

Rasio Trafo tegangan (PT) = 150000 : 100

Rasio Trafo Arus (CT) = 1200 : 1

$$n = \frac{100/150000}{1/1200} = 0.8$$

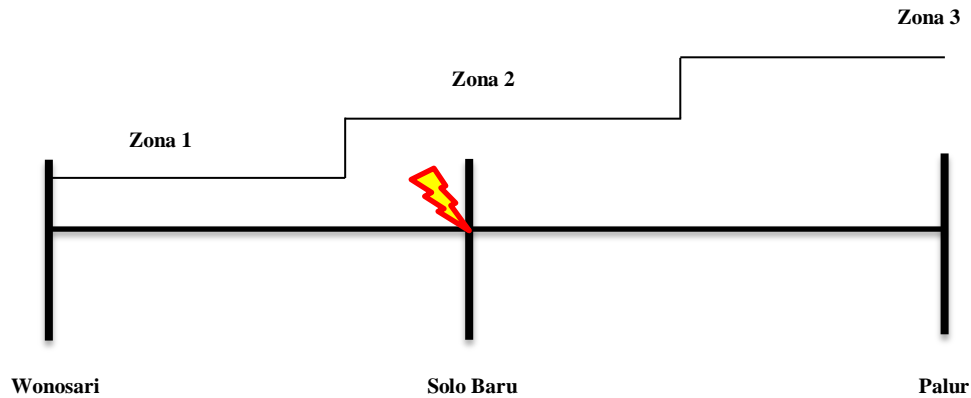
a.  $Z_{Sekunder}$  pada Zona 1 =  $0.8 \times (0.2683 + j1.0943)$   
 $= 0.2146 + j0.8754 \Omega$

b.  $Z_{Sekunder}$  pada zona 2 =  $0.8 \times (0.81393 + j3.3414)$   
 $= 0.6554 + j2.6731 \Omega$

c.  $Z_{Sekunder}$  pada zona 3 =  $0.8 \times (1.2289 + j5.012)$   
 $= 0.9831 + j4.0096 \Omega$

### 3.4 Uji Gangguan Pada Sistem Saluran Transmisi

Saat terjadinya gangguan rele akan mendeteksi dan akan mengamankan daerah yang terjadi gangguan tersebut.



Gambar 3. Ilustrasi gangguan pada saluran transmisi

Pada gambar di atas ditunjukkan ilustrasi gangguan dengan nilai gangguannya sebesar  $12 \Omega$ . Untuk mengukur besaran nilai gangguan yang terjadi dapat dilakukan dengan rumus berikut:

a. Gangguan satu fasa ke tanah

1. Arus

$$I = 3 \times \frac{kV/\sqrt{3}}{z_1 + z_2 + z_0 + 3z_f} \quad (7)$$

$$= 3 \times \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.167 + j1.306) + (1.056 + j2.880) + (0.736 + j3.797) + (3 \times 12)}$$

$$= 6552.0 - j1378.455 \text{ A}$$

2. Tegangan

$$V = I \times z_1 \quad (8)$$

$$V = (6552.0 - j1378.455) \times (0.167 + j1.306)$$

$$= 2894.446 + j8326.710 \text{ V}$$

b. Gangguan dua fasa

1. Arus

$$I = \frac{kV/\sqrt{3}}{z_1 + z_2 + z_f}$$

$$= \frac{150000/\sqrt{3}}{(0.167 + j1.306) + (1.056 + j2.880) + (12)}$$

$$= 5342.893 - j433.324 \text{ A}$$

2. Tegangan

$$V = I \times z_1$$

$$= (5342.893 - j433.324) \times (0.167 + j1.306)$$

$$= 1458.184 + 6905.453 \text{ V}$$

c. Gangguan tiga fasa

1. Arus

$$\begin{aligned} I &= \frac{\frac{kV}{\sqrt{3}}}{z_1} \\ &= \frac{\frac{150000}{\sqrt{3}}}{(0.167+j1.306)} \\ &= 8342.899 - j65244.468 \text{ A} \end{aligned}$$

2. Tegangan

$$\begin{aligned} V &= I \times z_1 \\ &= (8342.899 - j65244.468) \times (0.167 + j1.306) \\ &= 86602.928 + j0.078 \text{ V} \end{aligned}$$

Ketentuan dari rumus dari perhitungan di atas:

$I$  merupakan arus gangguan

$Z_1$  merupakan impedansi urutan positif

$Z_2$  merupakan impedansi urutan negatif

$Z_0$  merupakan impedansi urutan nol

$Z_f$  merupakan impedansi gangguan

$V$  merupakan tegangan gangguan

Hasil Dari perhitungan di atas merupakan hasil jika terjadi gangguan nilai sebesar 12  $\Omega$ .

Karena setiap gangguan mempunyai nilai yang berbeda maka perhitungannya juga berbeda.

### 3.5 Mencari jarak gangguan

Dengan membaca nilai impedansi gangguan yang di baca rele, rele jarak dapat menentukan jarak gangguan yang terjadi pada zona daerah kerja rele terpasang.

$$\text{jarak gangguan} = \frac{\text{Impedansi yang dibaca rele} \times \frac{PT}{CT} \times L_1}{z_{L1}} \quad (9)$$

Perhitungan penentuan jarak gangguan:

1. 0.1  $\Omega$

$$\begin{aligned} \text{jarak gangguan} &= \frac{0.1 \times \frac{150000}{1200} \times \frac{100}{1} \times 5.3}{0.3354 + j1.3679} \\ &= 0.59 \text{ km} \end{aligned}$$

2. 0.2  $\Omega$

$$\begin{aligned}
 \text{jarak gangguan} &= \frac{0.2 \times \frac{150000/100}{1200/1} \times 5.3}{0.3354 + j1.3679} \\
 &= 1.18 \text{ km}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Nilai impedansi gangguan dan jarak gangguan

Nilai Impedansi Gangguan	Jarak Gangguan
<b>0.1 Ω</b>	0.59 km
<b>0.2 Ω</b>	1.18 km
<b>0.3 Ω</b>	1.78 km
<b>0.4 Ω</b>	2.37 km
<b>0.5 Ω</b>	2.96 km
<b>0.6 Ω</b>	3.56 km

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian pada rele jarak GI Wonosari- GI Solo Baru ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Rele jarak merupakan sistem proteksi utama pada sistem saluran transmisi yang dikontrol di gardu induk.
- 2) Rele jarak bekerja menggunakan cara membandingkan impedansi yang dibaca dengan yang ada pada *setting* rele.
- 3) Perlindungan pada zona 1 hanya 80% dari panjang saluran yang ada dan akan langsung aktif jika terjadi gangguan.
- 4) Zona 2 menjadi *back up* zona 1 dan juga melindungi beberapa persen panjang saluran di depannya dengan waktu untuk aktif 0.4 detik.
- 5) Zona 3 melindungi sisa dari daerah zona 2 yang tidak terlindungi dan daerah di depannya.

## PERSANTUNAN

Laporan tugas akhir ini tersusun bukan hanya dari hasil kerja keras penulis sendiri. Banyak pihak yang ikut membantu penulis dalam menyusun laporan ini, mulai dari memberi saran, kritik, masukan dan semangat dalam proses penulisan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya laporan ini bisa terselesaikan. Alhamdulillah.
- 2) Rasulullah Muhammad SAW, karena atas doa dan ilmu amalnya yang telah beliau ajarkan kepada seluruh umatnya penulis dapat menyelesaikan laporan ini.
- 3) Ibu dan Bapak penulis yang selalu memberi semangat dan selalu mendoakan penulis.
- 4) Yolan dan Dimas adik-adik penulis yang selalu memberikan semangat.
- 5) Bapak Umar, S.T. M.T. sebagai ketua jurusan dan juga pembimbing penulis yang selalu memberikan kritik dan saran yang memotivasi penulis.
- 6) Supervisor bapak Sumadi dan teman-teman operator di Gardu Induk Wonosari yang telah mengizinkan dan membantu penulis untuk mengambil data yang dibutuhkan dalam penyusunan laporan ini.
- 7) Dyah Sekar Arum yang telah membantu penulis dalam memahami materi penelitian.
- 8) Teman-teman seperjuangan Reza, Dira, Dini, Gili, Khoir, Cahyo, Ramadhani dan Bimby yang telah menyemangati penulis.
- 9) Ahmad Sidik, Ari Septiyanto, Ari Wibowo yang mau main free fire dan booyah bareng.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afa, John Tarilanyo. (2013). *Substation Protection And The Climatic Environment Of Niger Delta*. Departement. Of Electrical Engineering. Niger Delta Unersity, Wilberforce Island, Bayelsa State, Nigeria
- Chaghi, Abdelaziz. & Zellagul, Mohamed. (2012). *Distance Protection Settings Based Artificial Neural Network in Presence of TCSR on Electrical Transmission Line*. Department of Electrical Engineering, University of Batna Campus CUB, Street Med El Hadi Boukhlouf, Batna, 05000, Algeria.
- Evans, R. D. & Sels H. K. (1924). *Power limitations of transmission systems*. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://ieeexplore.ieee.org/document/6534150/>. (Di akses 17 Januari 2018 pukul 20.40 wib.)
- Fakhrian, David Dhio. (2017). *Analisis Perhitungan Setting Relay Jarak Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV Gardu Induk Kentungan-Sanggrahan*. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, D.I. Yogyakarta.

- Short, T. (2004). *Electric power distribution handbook*. New York Washington, D.C.: CRC
- Syafar, A. Muhammad. (2010). *Studi Keandalan Distance Relay Jaringan 150 kV GI Tello - GI Pare-Pare*. Teknik Elektro. Universitas Islam Makassar.
- Vaidya, A.P. & Venikar, Prasad A. (2012). *Distance Protection Scheme For Protection of Long Transmission Line Considering the Effect of Fault Resistance By Using the ANN Approach*. Department of Electrical Engineering. Walchand College of Engineering, Sangli, Maharashtra, India.